

УДК 535.2:616.71

Р.О. Воронков студент гр. ПБ-72мп, к.т.н., доц. Безуглий М.О.  
КПІ ім. Ігоря Сікорського

## ОПТИЧНА БІОМЕТРІЯ ТКАНИН МОЛОЧНОЇ ЗАЛОЗИ МЕТОДОМ ДЗЕРКАЛЬНИХ ЕЛІПСОЇДІВ ОБЕРТАННЯ

*Анотація:* У роботі представлені результати Монте Карло симуляції поширення оптичного випромінювання для залозистої тканини молочної залози людини у нормі на довжині хвилі 700 нм. Отриманий розподіл освітленості різних зон фотометричних зображень при біометрії еліпсоїдальними рефлекторами в залежності від товщини зразка досліджуваної біологічної тканини.

**Ключові слова:** еліпсоїд обертання, біометрія, еліпсоїдальний рефлектор, фотометрія молочна залоза.

### ВСТУП

Унаслідок оптичної неоднорідності біологічних середовищ вплив лазерного випромінювання на тканини є вибіркоvim, а ступінь проникнення залежить від їх фізіологічного стану. Об'ємне розсіювання при цьому вважається основною характеристикою, що визначає ступінь прямого або зворотного напрямку поширення оптичного випромінювання в біологічних тканинах (БТ). Джерелами розсіювання світла в БТ вважають відмінність в значеннях показників заломлення компонентів їх структури (тобто мітохондрій та ядра з цитоплазмою клітин або внутрішньо-тканинної рідини зі структурними елементами сполучної тканини) [1]. Отже дані структурні елементи (їх розміри та кількість) визначають ступінь нормального або патологічного функціонування органу, до складу якого входить досліджувана БТ. Звідси випливає, що зміни в цих структурних елементах спричиняють зміни в характері розсіювання світла, яке для точності діагностики необхідно зареєструвати з мінімальними втратами та обробити.

З позицій кількісної оцінки широко використовуються такі оптичні властивості БТ, як коефіцієнти розсіювання та поглинання, а також фактор анізотропії розсіювання. Показник заломлення, товщина досліджуваного зразка та параметри вимірювального засобу також належать до визначальних величин, що характеризують взаємодію оптичного випромінювання з БТ та його реєстрацію. Їх отримання можливо шляхом розв'язання оберненої задачі теорії переносу випромінювання (ТПВ), наприклад, в рамках прямого й інверсного методів Монте Карло (МК). Метод МК використовується при вирішенні основного рівняння ТПВ з будь-якою заданою точністю, за умови, що забезпечена необхідна обчислювальна здатність. Метод МК вважається «золотим стандартом» серед методів біофотоніки, так як оптичні властивості, отримані саме при його застосуванні, використовуються в якості еталонних для менш обчислювально-затратних чисельних методів (наближення першого порядку, потокових моделей, методу додавання-подвоєння та інш.) [2].

Підвищення питомої кількості зареєстрованого світла, розсіяного в прямому і зворотному напрямку в зразку БТ успішно вирішено при використанні фотометричних засобів з дзеркальними еліпсоїдами обертання в якості приймально-інтегруючих систем [3,4]. При цьому технологія виготовлення таких засобів теж досить добре апробована, а контроль форми

поверхні, і, як наслідок, якості функціонування еліпсоїдальних рефлекторів розроблених [5,6].

## МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ

У даній роботі проведений чисельний експеримент з моделювання поширення оптичного колімованого випромінювання в системі «еліпсоїдальний рефлектор + біологічна тканина» для різно-товщинних зразків залозистої тканини молочної залози людини в нормі. Модель передбачала зміну товщини досліджуваної тканини в інтервалі, мінімальне значення якого відповідає однократному розсіянню, а максимальне – визначає анатомічну здатність отримання реального зразка і умовах експерименту *in vitro*. При симуляції МК були використані наступні оптичні властивості залозистої тканини, що відповідають довжині хвилі лазерного випромінювання 700 нм, : коефіцієнт розсіяння та поглинання  $284\text{см}^{-1}$  та  $0,47\text{см}^{-1}$  відповідно, фактор анізотропії розсіяння  $g = 0,95$  [7,8], показник заломлення 1,4.

У результаті були отримані типові [3] фотометричні зображення у відбитому світлі і у світлі, що пройшло крізь зразок, обробка яких була проведена за аналогією з [4]. На рис.1 представлені графіки залежності освітленості зовнішнього і середнього кільця фотометричних зображень від товщини зразка в відбитому (рис.1.а) та пропущеному (рис.1.б) світлі. Слід зауважити, що наведені результати отримані при симуляції МК руху 20 млн фотонів в фотометричній системі за результатами одного запуску. Як зазначалося в [3,4], достатнім для адекватності результатів є запуск симуляції не менше як 10 раз, що спричинить згладжування і однозначність кривих з одночасним збільшенням часу розрахунку. Цей процес буде проведений і представлений в наступних роботах авторів.

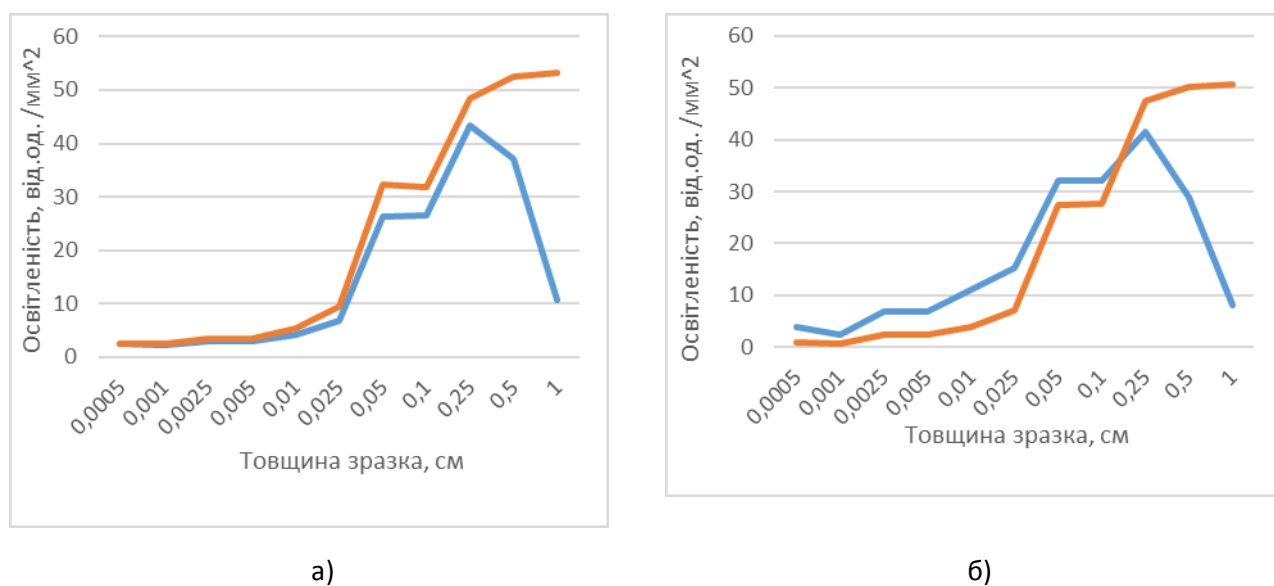


Рис.1 Освітленість зовнішнього (а) і середнього (б) кільця фотометричних зображень для залозистої тканини молочної залози у відбитому (помаранчева лінія) та пропущеному (синя лінія) світлі

Отримані результати є біометрично значущими, проте їх практична цінність буде набагато більшою при порівнянні з результатами симуляції поширення оптичного випромінювання в зразках патологічно зміненої тканини молочної залози, зокрема з карциномою.

## **ВИСНОВОК**

Дана робота характеризує процес симуляції для опису ефектів світлорозсіяння в біологічних тканинах, що знаходяться в умовних станах норми та патологічної зміни, і, очевидно, потребує подальшого опрацювання з впровадженням зразків реальних БТ. При цьому і кількість ітерацій, і крок моделювання повинні бути збільшені. Використання даного методу дозволить з більшою ймовірністю і доступністю визначити ступінь розвитку патології, а відтак і стан пацієнта.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Симоненко В. В. Оптические свойства биологических тканей / В. В. Симоненко, Г. В. Тучин., 2007. – 48 с
2. Сетейкин А. Ю. Применение метода Монте-Карло для задач биофотоники: Изд-во АмГУ. / Сетейкин Алексей Юрьевич, 2014. – 68 с.
3. M.A. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya, I.V. Helich, “Ray tracing in ellipsoidal reflectors for optical biometry of media”, Appl Opt., no. 56 (30), pp. 8520–8526, 2017.
4. M.A. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya, S. Kostuk, “Influence of laser beam profile on light scattering by human skin during photometry by ellipsoidal reflectors”, Devices and Methods of Measurements. 9(1):56-65, 2018.
5. Безуглий М. О. Особливості виготовлення еліпсоїдальних рефлекторів фотометрів / М. О. Безуглий, І. І. Синявський, Н. В. Безугла, А. Г. Козловський // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2016. – №2 (52). – С.76-81. [На українском].
6. Безуглий М.О. Контроль форми еліпсоїдальних рефлекторів біомедичних фотометрів / М.О. Безуглий, Лінючева О.В., Безугла Н.В., Бик М.В., Костюк С.А // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2017, №1 (53). – С.62-69. [На українском].
7. Alterations of the extracellular matrix in ovarian cancer studied by Second Harmonic Generation imaging microscopy / O.Nadiarnykh, R. B. LaComb, M. A. Brewer, P. J. Campagnola // BMC Cancer. – 2010.
8. LaComb R. B. Quantitative Second Harmonic Generation Imaging of the Diseased State Osteogenesis Imperfecta: Experiment and Simulation / R. B. LaComb, O. Nadiarnykh, P. J. Campagnola // Biophysical Journal. – 2008. – vol. 94. – Pp. 4504–4514.